

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-124720
(P2002-124720A)

(43) 公開日 平成14年4月26日 (2002. 4. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7 B 5 D 0 3 4
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	
G 1 1 B 5/39		H 0 1 L 43/12	
H 0 1 L 43/12		G 0 1 R 33/06	R
審査請求 有 請求項の数16 O L (全 18 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-213544 (P2001-213544)
(22) 出願日 平成13年7月13日 (2001. 7. 13)
(31) 優先権主張番号 特願2000-237365 (P2000-237365)
(32) 優先日 平成12年8月4日 (2000. 8. 4)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067
ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(72) 発明者 稲毛 健治
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内
(72) 発明者 工藤 良弘
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内
(74) 代理人 100107559
弁理士 星宮 勝美

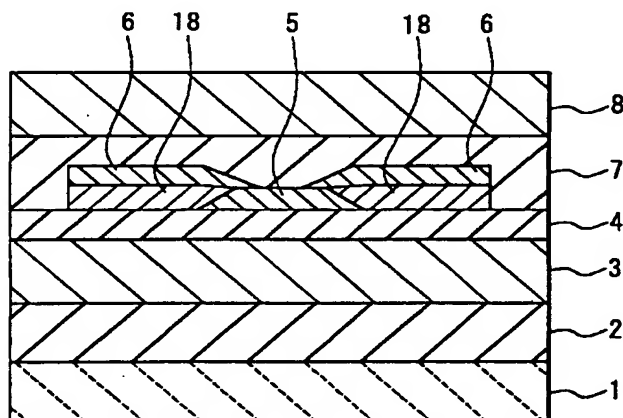
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果装置およびその製造方法ならびに薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果装置の感度、出力および出力安定性を向上させる。

【解決手段】 磁気抵抗効果装置は、MR素子5と、このMR素子5の各側部に隣接するように配置されたバイアス磁界印加層18と、MR素子5に対してセンス電流を流す2つの電極層6とを備えている。電極層6はMR素子5の一方の面にオーバーラップするように配置されている。2つの電極層6のオーバーラップ量の合計は0.3 μ m未満である。MR素子5は、スピンバルブ型GMR素子となっている。MR素子5は、下から順に積層された下地層、フリー層、スペーサ層、ピンド層、反強磁性層およびキャップ層とを有している。ピンド層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され2つの強磁性層とを含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ前記2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、

それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた磁気抵抗効果装置であって、

前記2つの電極層のうちの少なくとも一方は、前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは0.3 μm 未満であり、

前記磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、前記ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、前記ピン層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、

前記ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むことを特徴とする磁気抵抗効果装置。

【請求項2】 前記2つの電極層は共に前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に0.15 μm 未満であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果装置。

【請求項3】 前記2つのバイアス磁界印加層は前記磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置されていることを特徴とする請求項1または2記載の磁気抵抗効果装置。

【請求項4】 前記2つの電極層の間隔は0.6 μm 以下であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置。

【請求項5】 互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ前記2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、

それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた磁気抵抗効果装置の製造方法であって、

前記磁気抵抗効果素子を形成する工程と、
前記バイアス磁界印加層を形成する工程と、

前記電極層を形成する工程とを含む、

前記2つの電極層のうちの少なくとも一方は、前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは0.3 μm 未満であり、

前記磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、前記ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、前記ピン層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、

前記ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むことを特徴とする磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項6】 前記2つの電極層は共に前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に0.15 μm 未満であることを特徴とする請求項5記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項7】 前記2つのバイアス磁界印加層は前記磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置されることを特徴とする請求項5または6記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項8】 前記2つの電極層の間隔は0.6 μm 以下であることを特徴とする請求項5ないし7のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項9】 互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ前記2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、

それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、

前記2つの電極層のうちの少なくとも一方は、前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは0.3 μm 未満であり、

前記磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、前記ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、前記ピン層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、

前記ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペー

一サ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 前記2つの電極層は共に前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に0.15 μ m未満であることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 前記2つのバイアス磁界印加層は前記磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置されていることを特徴とする請求項9または10記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】 前記2つの電極層の間隔は0.6 μ m以下であることを特徴とする請求項9ないし11のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ前記2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、

それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、前記磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記磁気抵抗効果素子を形成する工程と、

前記バイアス磁界印加層を形成する工程と、

前記電極層を形成する工程とを含み、

前記2つの電極層のうちの少なくとも一方は、前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは0.3 μ m未満であり、

前記磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、前記非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、前記非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、前記ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、前記ピン層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、

前記ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記2つの電極層は共に前記磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に0.15 μ m未満であることを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】 前記2つのバイアス磁界印加層は前記磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置さ

れることを特徴とする請求項13または14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記2つの電極層の間隔は0.6 μ m以下であることを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素子を有する磁気抵抗効果装置およびその製造方法、ならびに磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR (Magnetoresistive) 素子とも記す。）を有する再生ヘッドと書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】MR素子としては、異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magneto-resistive) 効果を用いたAMR素子や、巨大磁気抵抗 (Giant Magneto-resistive) 効果を用いたGMR素子や、トンネル磁気抵抗 (Tunnel-type Magnetoresistive) 効果を用いたTMR素子等がある。

【0004】再生ヘッドの特性としては、高感度および高出力であることが要求される。この要求を満たす再生ヘッドとして、既に、スピンバルブ型GMR素子を用いたGMRヘッドが量産されている。

【0005】再生ヘッドの特性としては、更に、バルクハウゼンノイズが小さいことが要求される。バルクハウゼンノイズは、MR素子における磁区の磁壁の移動に起因して発生するノイズである。このバルクハウゼンノイズが発生すると、出力が急激に変化するため、信号対雑音比 (SN比) の低下、エラーレートの増加をまねく。

【0006】バルクハウゼンノイズを低減する手段としては、MR素子に対して長手方向にバイアス磁界（以下、縦バイアス磁界とも言う。）を印加することが行われている。MR素子に対する縦バイアス磁界の印加は、例えば、MR素子の両側に、硬磁性層や、強磁性層と反強磁性層との積層体等によって構成されたバイアス磁界印加層を配置することによって行われる。

【0007】MR素子の両側にバイアス磁界印加層を配置した構造の再生ヘッドでは、MR素子に信号検出用の電流（以下、センス電流とも言う。）を流すための2つの電極層は、バイアス磁界印加層に接するように配置される。

【0008】ところで、例えば特開平11-31313号公報に記載されているように、MR素子の両側にバイアス磁界印加層を配置すると、MR素子においてバイアス磁界印加層に隣接する端部近傍に、バイアス磁界印加

10

20

30

40

50

層からの磁界によって磁化の方向が固定されて信号磁界を感知することができない領域（以下、不感領域と言う。）が生じることが知られている。

【0009】そのため、電極層をMR素子に重ならないように配置した場合には、センス電流が不感領域を通過するため、再生ヘッドの出力が低下するという問題があった。

【0010】この問題を解決するために、特開平8-45037号公報、特開平9-282618号公報、特開平11-31313号、特開2000-76629号公報等に示されるように、電極層をMR素子に部分的に重なる（以下、オーバーラップと言う。）ように配置することが行われている。

【0011】ここで、一方の電極層がMR素子にオーバーラップする領域の長さ、すなわち一方の電極層の端部とそれに対応するMR素子の一方の端部との距離（以下、オーバーラップ量と言う。）に注目する。特開平8-45037号公報には、特にオーバーラップ量の範囲は記載されていない。特開平9-282618号公報に記載されているオーバーラップ量の範囲は0.25~2μmになっている。特開平11-31313号に記載されているオーバーラップ量の範囲は0.15~0.5μmになっている。また、特開2000-76629号公報に記載されているオーバーラップ量の範囲は0.15~5μmになっている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】 上述のように、再生ヘッドを、MR素子の両側にバイアス磁界印加層を配置すると共に電極層をMR素子にオーバーラップするように配置した構造（以下、電極層オーバーラップ構造と言う。）とすることによって、再生ヘッドの出力の低下を防止しながら、バルクハウゼンノイズを低減することが可能になる。

【0013】ところで、スピンバルブ型GMR素子は、一般的には、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、この非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、非磁性層の他方の面に隣接するように配置された強磁性層と、この強磁性層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置された反強磁性層とを有している。軟磁性層は、信号磁界に応じて磁化の方向が変化する層であり、フリー層と呼ばれる。強磁性層は、反強磁性層からの磁界によって、磁化の方向が固定された層であり、ピンド層と呼ばれる。

【0014】本発明者の研究により、上記の構造のスピンバルブ型GMR素子を用いた電極層オーバーラップ構造の再生ヘッドでは、フリー層内における磁化の状態が不均一になり、その結果、バルクハウゼンノイズを十分に低減できないことが分かった。フリー層内における磁化の状態が不均一になる理由については、本発明の実施の形態の説明中において詳細に説明する。

【0015】また、本発明者の研究により、電極層オーバーラップ構造の再生ヘッドでは、2つの電極層の間隔すなわち光学的な磁氣的読み出しトラック幅と、実効的な磁氣的読み出しトラック幅とが異なることが分かった。更に、前記の各公報に記載されているオーバーラップ量の範囲では、光学的な読み出しトラック幅と実効的な読み出しトラック幅との差、および実効的な読み出しトラック幅のばらつきが大きく、再生ヘッドの特性上および歩留まり上、問題があることが分かった。

【0016】なお、特開2000-187813号公報には、スピンバルブ膜の感磁部の幅L2と永久磁石膜および電極膜が感磁部にオーバーラップする部分の長さL1との比L1/L2を0~10%にする技術が開示されている。この技術は、永久磁石膜がスピンバルブ膜にオーバーラップすることによるノイズの発生を防止することを目的としている。前記公報には、感磁部に永久磁石膜のみがオーバーラップする構造と、感磁部に永久磁石膜と電極膜の双方がオーバーラップする構造とが開示されているが、感磁部に永久磁石膜はオーバーラップせずに、電極膜のみがオーバーラップする構造は開示されていない。

【0017】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、感度、出力および出力安定性を向上させると共に、実効読み出しトラック幅を精度よく決定できるようにした磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドならびにそれらの製造方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】 本発明の磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドは、互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備え、2つの電極層のうちの少なくとも一方は、磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは0.3μm未満であり、磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピンド層と、ピンド層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、ピンド層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、ピンド層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むものである。

【0019】本発明の磁気抵抗効果装置または薄膜磁気

ヘッドでは、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するようにバイアス磁界印加層を設け、2つの電極層のうちの少なくとも一方を、磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置すると共に、磁気抵抗効果素子を上記構造とすることにより、磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドの感度、出力および出力安定性が向上する。更に、本発明では、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さを $0.3\mu\text{m}$ 未満とすることにより、実効読み出しトラック幅を精度よく決定することが可能になる。

【0020】本発明の磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドにおいて、2つの電極層は共に磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に $0.15\mu\text{m}$ 未満であってもよい。

【0021】また、本発明の磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドにおいて、2つのバイアス磁界印加層は磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置されていてもよい。

【0022】また、本発明の磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドにおいて、2つの電極層の間隔は $0.6\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【0023】本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法は、互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた磁気抵抗効果装置を製造する方法である。

【0024】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ2つの面を連結する2つの側部とを有する磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層と、それぞれ各バイアス磁界印加層の一方の面に隣接するように配置され、磁気抵抗効果素子に対して信号検出用の電流を流す2つの電極層とを備えた薄膜磁気ヘッドを製造する方法である。

【0025】本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気抵抗効果素子を形成する工程と、バイアス磁界印加層を形成する工程と、電極層を形成する工程とを含み、2つの電極層のうちの少なくとも一方は、磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さは $0.3\mu\text{m}$ 未満であり、磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、非磁性層の他方の面に

隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、ピン層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むものである。

【0026】本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するようにバイアス磁界印加層を設け、2つの電極層のうちの少なくとも一方を、磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置すると共に、磁気抵抗効果素子を上記構造とすることにより、磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドの感度、出力および出力安定性が向上する。更に、本発明では、電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さを $0.3\mu\text{m}$ 未満とすることにより、実効読み出しトラック幅を精度よく決定することが可能になる。

【0027】本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法において、2つの電極層は共に磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置され、各電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の長さは共に $0.15\mu\text{m}$ 未満であってもよい。

【0028】また、本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法において、2つのバイアス磁界印加層は磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置されてもよい。

【0029】また、本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法または薄膜磁気ヘッドの製造方法において、2つの電極層の間隔は $0.6\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【第1の実施の形態】始めに、図3ないし図6を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法の概略について説明する。なお、図3ないし図6において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0031】本実施の形態における薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図3に示したように、アルティック($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{TiC}$)等のセラミック材料よりなる基板1の上に、スパッタ法等によって、アルミナ(Al_2O_3)、二酸化ケイ素(SiO_2)等の絶縁材料よりなる絶縁層2を、例えば $1\sim 20\mu\text{m}$ の厚さに形成する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層3を、例えば $0.1\sim 5\mu\text{m}$ の厚さに形成する。下部シールド層3に用いる磁性材料は、Fe、FeSi、NiFe、CoFe、CoFeNi、Fe

N、FeZrN、FeTa₂N、CoZrNb、CoZrTa₂N等である。下部シールド層3は、スパッタ法またはめっき法等によって形成される。

【0032】次に、下部シールド層3の上に、スパッタ法等によって、Al₂O₃、SiO₂等の絶縁材料よりなる下部シールドギャップ膜4を、例えば10～200nmの厚さに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、スパッタ法等によって、再生用のMR素子（磁気抵抗効果素子）5を、例えば数十nmの厚さに形成する。次に、図示しないが、スパッタ法等によって、下部シールドギャップ膜4の上においてMR素子5の各側部に隣接するように、MR素子5に対して縦バイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層を形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびバイアス磁界印加層の上に、スパッタ法等によって、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層6を、数十nmの厚さに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、スパッタ法等によって、Al₂O₃、SiO₂等の絶縁材料よりなる上部シールドギャップ膜7を、例えば10～200nmの厚さに形成する。

【0033】なお、上記の再生ヘッドを構成する各層は、レジストパターンを用いた一般的なエッチング方法やリフトオフ法やこれらを併用した方法によってパターンニングされる。

【0034】次に、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、上部シールド層と記す。）8を、例えば0.5～4.0μmの厚さに形成する。なお、上部シールド層8に用いる磁性材料は、NiFe、CoFe、CoFeNi、FeN等の軟磁性材料である。上部シールド層8は、スパッタ法またはめっき法等によって形成される。

【0035】次に、上部シールド層8の上に、スパッタ法等によって、Al₂O₃、SiO₂等の絶縁材料よりなる記録ギャップ層9を、例えば10～500nmの厚さに形成する。次に、磁路形成のために、後述する薄膜コイルの中心部分において、記録ギャップ層9を部分的にエッチングしてコンタクトホール9aを形成する。

【0036】次に、記録ギャップ層9の上において、薄膜コイルを形成する部分に、例えば熱硬化させたフォトレジストよりなる絶縁層10を形成する。次に、絶縁層10の上に、フレームめっき法等によって、Cu等の導電性材料よりなる薄膜コイルの第1層部分11を形成する。次に、絶縁層10および薄膜コイルの第1層部分11を覆うように、例えば熱硬化させたフォトレジストよりなる絶縁層12を形成する。次に、絶縁層12の上に、フレームめっき法等によって、Cu等の導電性材料よりなる薄膜コイルの第2層部分13を形成する。次に、絶縁層12および薄膜コイルの第2層部分13を覆うように、例えば熱硬化させたフォトレジストよりなる

絶縁層14を形成する。薄膜コイルの第1層部分11と第2層部分13は、互いに接続され、コンタクトホール9aの回りに巻回される。第1層部分11と第2層部分13を合わせた部分の厚さは例えば2～5μmとし、絶縁層10、12、14を合わせた部分の厚さは例えば3～20μmとする。

【0037】次に、図4に示したように、エアベアリング面（媒体対向面）30から絶縁層12、14の上を経て、コンタクトホール9aにかけて、磁性材料からなる記録ヘッド用の上部磁極層15を、例えば3～5μmの厚さに形成する。なお、上部磁極層15に用いる磁性材料は、NiFe、CoFe、CoFeNi、FeN等の軟磁性材料である。

【0038】下部磁極層（上部シールド層8）および上部磁極層15のうち、エアベアリング面30側において記録ギャップ層9を介して互いに対向する部分が、それぞれ下部磁極層（上部シールド層8）の磁極部分および上部磁極層15の磁極部分である。本実施の形態では、上部磁極層15の磁極部分は、記録トラック幅に等しい幅を有し、記録トラック幅を規定している。また、下部磁極層（上部シールド層8）と上部磁極層15は、コンタクトホール9aを介して互いに磁氣的に連結されている。

【0039】次に、図5に示したように、上部磁極層15の磁極部分をマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層9を選択的にエッチングする。このときのドライエッチングには、例えば、BCl₂、Cl₂等の塩素系ガスや、CF₄、SF₆等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング（RIE）が用いられる。次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、上部シールド層8を選択的に例えば0.3～0.6μm程度エッチングして、図5（b）に示したようなトリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効的なトラック幅の増加を防止することができる。

【0040】次に、図6に示したように、スパッタ法等によって、全体に、Al₂O₃、SiO₂等の絶縁材料よりなる保護層16を、例えば5～50μmの厚さに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面30を形成して本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0041】このようにして製造される本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面30）と再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。再生ヘッドは、MR素子5と、エアベアリング面30側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置された、MR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層8とを有している。

再生ヘッドは、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置でもある。

【0042】記録ヘッドは、互いに磁氣的に連結され、エアベアリング面30側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む下部磁極層（上部シールド層8）および上部磁極層15と、この下部磁極層（上部シールド層8）の磁極部分と上部磁極層15の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層9と、少なくとも一部が下部磁極層（上部シールド層8）および上部磁極層15の間に、これらに対して絶縁された状態で配設された薄膜コイル11、13とを有している。上部磁極層15の磁極部分は記録トラック幅を規定している。

【0043】次に、図1を参照して、本実施の形態における再生ヘッド、すなわち本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置の構成とその製造方法について詳しく説明する。図1は本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【0044】図1に示したように、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置は、互いに反対側を向く2つの面と、それぞれ2つの面を連結する2つの側部とを有するMR素子5と、このMR素子5の各側部に隣接するように配置され、MR素子5に対して縦バイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層18と、それぞれ各バイアス磁界印加層18の一方の面に隣接するように配置され、MR素子5に対して信号検出用の電流であるセンス電流を流す2つの電極層6とを備えている。図1では、電極層6はバイアス磁界印加層18の上に配置されているが、バイアス磁界印加層18のない領域では、電極層6は下部シールドギャップ膜4の上に配置されている。磁気抵抗効果装置は、下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜7とによって覆われている。

【0045】磁気抵抗効果装置の製造方法は、下部シールドギャップ膜4の上にMR素子5を形成する工程と、下部シールドギャップ膜4の上にバイアス磁界印加層18を形成する工程と、下部シールドギャップ膜4およびバイアス磁界印加層18の上に電極層6を形成する工程とを含む。

【0046】本実施の形態では、2つの電極層6のうちの少なくとも一方は、MR素子5の一方の面に部分的に重なる（以下、オーバーラップすると言う。）ように配置されている。2つの電極層6がMR素子5の一方の面にオーバーラップする領域の合計の長さは0.3 μ m未満である。なお、一方の電極層6がMR素子5の一方の面にオーバーラップする領域の長さ（以下、オーバーラップ量と言う。）は、一方の電極層6の端部とそれに対応するMR素子5の一方の端部との距離とする。また、本実施の形態では、2つのバイアス磁界印加層18は、いずれもMR素子5の一方の面にオーバーラップしていない。

【0047】図2は本実施の形態におけるMR素子5の層の構成を示す斜視図である。本実施の形態におけるMR素子5は、スピンバルブ型GMR素子となっている。このMR素子5は、下部シールドギャップ膜4側から順に積層された下地層21、軟磁性層よりなり、記録媒体からの信号磁界に応じて磁化の方向が変化するフリー層22、非磁性の導電層よりなるスペーサ層23、磁化の方向が固定されたピン層24、ピン層24における磁化の方向を固定する反強磁性層25、およびキャップ層26を有している。MR素子5は、上記各層を下部シールドギャップ膜4側から順に積層することによって製造される。

【0048】このようにMR素子5は、互いに反対側を向く2つの面を有するスペーサ層（非磁性層）23と、このスペーサ層23の一方の面（下面）に隣接するように配置されたフリー層（軟磁性層）22と、スペーサ層23の他方の面（上面）に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層24と、このピン層24におけるスペーサ層23とは反対側の面に隣接するように配置され、ピン層24における磁化の方向を固定する反強磁性層25とを有している。

【0049】本実施の形態では、ピン層24は、非磁性スペーサ層24bと、この非磁性スペーサ層24bを挟むように配置され2つの強磁性層24a、24cとを含んでいる。ピン層24は、スペーサ層23側から順に強磁性層24a、非磁性スペーサ層24b、強磁性層24cを積層することによって形成される。2つの強磁性層24a、24cは、反強磁性結合し、磁化の方向が互いに逆方向に固定されている。

【0050】下地層21の厚さは、例えば4～6nmである。下地層21の材料としては、例えばTaやNiCrが用いられる。

【0051】フリー層22の厚さは、例えば3～8nmである。フリー層22は、単層で構成されていてもよいし、2つ以上の層によって構成されていてもよい。ここでは、フリー層22が2つの軟磁性層で構成される場合の例を挙げる。2つの層のうち、下地層21側の層を第1の軟磁性層と呼び、スペーサ層23側の層を第2の軟磁性層と呼ぶ。

【0052】第1の軟磁性層の厚さは、例えば1～8nmである。第1の軟磁性層は、例えば、Ni、Co、Fe、Ta、Cr、Rh、MoおよびNbからなる群のうち少なくともNiを含む磁性材料により構成されている。具体的には、第1の軟磁性層は、 $[Ni_xCo_yFe_{100-(x+y)}]_{100-2M_{12}}$ により構成されることが好ましい。式中、 M_{12} は、Ta、Cr、Rh、MoおよびNbのうち少なくとも1種を表し、 x 、 y 、 z はそれぞれ原子%で $75 \leq x \leq 90$ 、 $0 \leq y \leq 15$ 、 $0 \leq z \leq 15$ の範囲内である。

【0053】第2の軟磁性層の厚さは、例えば0.5～

13

3 nmである。第2の軟磁性層は、例えば、Ni、Co および Fe からなる群のうちの少なくともCoを含む磁性材料により構成されている。具体的には、第2の軟磁性層は、(111)面が積層方向に配向している $\text{Co}_x\text{Fe}_y\text{Ni}_{100-(x+y)}$ により構成されることが好ましい。式中、x、yはそれぞれ原子%で $70 \leq x \leq 100$ 、 $0 \leq y \leq 25$ の範囲内である。

【0054】スペーサ層23の厚さは、例えば1.8～3.0 nmである。スペーサ層23は、例えば、Cu、Au および Ag からなる群のうち少なくとも1種を80重量%以上含む非磁性の導電性材料により構成されている。

【0055】ピン層24の強磁性層24a、24cは、例えば、Co および Fe からなる群のうちの少なくともCoを含む強磁性材料により構成されている。特に、この磁性材料の(111)面は積層方向に配向していることが好ましい。強磁性層24a、24cとを合わせた厚さは、例えば3～4.5 nmである。

【0056】非磁性スペーサ層24bの厚さは、例えば0.2～1.2 nmである。非磁性スペーサ層24bは、例えば、Ru、Rh、Re、Cr および Zr からなる群のうち少なくとも1種を含む非磁性材料により構成されている。この非磁性スペーサ層24bは、強磁性層24aと強磁性層24cとの間に反強磁性交換結合を生じさせ、強磁性層24aの磁化と強磁性層24cの磁化とを互いに逆方向に固定するためのものである。なお、強磁性層24aの磁化と強磁性層24cの磁化が互いに逆方向というのは、これら2つの磁化の方向が互いに 180° 異なる場合のみならず、2つの磁化の方向が $180^\circ \pm 20^\circ$ 異なる場合を含む。

【0057】反強磁性層25の厚さは、例えば5～30 nmである。反強磁性層25は、例えば、Pt、Ru、Rh、Pd、Ni、Au、Ag、Cu、Ir、Cr および Fe からなる群のうちの少なくとも1種MIIと、Mnとを含む反強磁性材料により構成されている。このうちMnの含有量は35原子%以上95原子%以下、その他の元素MIIの含有量は5原子%以上65原子%以下であることが好ましい。この反強磁性材料には、熱処理しなくても反強磁性を示し、強磁性材料との間に交換結合磁界を誘起する非熱処理系反強磁性材料と、熱処理により反強磁性を示すようになる熱処理系反強磁性材料とがある。この反強磁性層25は、そのどちらにより構成されていてもよい。

【0058】なお、非熱処理系反強磁性材料には γ 相を有するMn合金等があり、具体的には、RuRhMn、FeMnあるいはIrMn等がある。熱処理系反強磁性材料には規則結晶構造を有するMn合金等があり、具体的には、PtMn、NiMn および PtRhMn 等がある。

【0059】キャップ層26の厚さは、例えば4～6 nm

14

mである。キャップ層26の材料としては、例えばTaが用いられる。

【0060】図1に示したバイアス磁界印加層18は、硬磁性層(ハードマグネット)や、強磁性層と反強磁性層との積層体等によって構成される。ここでは、バイアス磁界印加層18が、下部シールドギャップ膜4側に配置された強磁性層と、この強磁性層の上に形成された反強磁性層との積層体によって構成される場合の例を挙げる。この場合、強磁性層の厚さは、例えば10～40 nmである。強磁性層は、例えば、NiFe、NiFeとCoFeの積層膜あるいはNi、Fe、Coからなる群のうちの少なくとも1種を含む磁性材料により構成されている。反強磁性層の厚さは、例えば10～20 nmである。反強磁性層は、例えば、非熱処理系反強磁性材料で構成されてもよいし、熱処理系反強磁性材料で構成されてもよいが、非熱処理系反強磁性材料のほうが好ましい。

【0061】バイアス磁界印加層18は、上記の例に限らず、例えば、TiWとCoPtとの積層体、あるいはTiWとCoCrPtとの積層体のような硬磁性層で構成してもよい。

【0062】図1に示した電極層6は、TaとAuとの積層体、TiWとTaの積層体、あるいはTiNとTaの積層体等によって構成される。

【0063】次に、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドの作用について説明する。薄膜磁気ヘッドは、記録ヘッドによって記録媒体に情報を記録し、再生ヘッドである磁気抵抗効果装置によって、記録媒体に記録されている情報を再生する。

【0064】ここで、図2に示したように、磁気抵抗効果装置のバイアス磁界印加層18によるバイアス磁界の方向をX方向とし、エアベアリング面30に垂直な方向をY方向とする。X方向とY方向は直交している。MR素子5において、信号磁界がない状態では、フリー層22の磁化の方向は、バイアス磁界の方向であるX方向に揃えられている。一方、ピン層24では、強磁性層24cの磁化の方向は、反強磁性層25によってY方向に固定され、強磁性層24aの磁化の方向は、強磁性層24cの磁化の方向とは逆方向のY方向に固定されている。

【0065】MR素子5では、記録媒体からの信号磁界に応じてフリー層22の磁化の方向が変化し、これにより、フリー層22の磁化の方向とピン層24の強磁性層24aの磁化の方向との間の相対角度が変化し、その結果、MR素子5の抵抗値が変化する。MR素子5の抵抗値は、2つの電極層6によってMR素子5にセンス電流を流したときの2つの電極層6間の電位差より求めることができる。このようにして、磁気抵抗効果装置によって、記録媒体に記録されている情報を再生することができる。

【0066】次に、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドの特徴の一つである電極層6のオーバーラップ量の規定と、それによる作用、効果について説明する。以下の説明では、2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップするように配置され、各電極層6のオーバーラップ量は共に0.15 μ m未満であり、且つ等しいものとする。また、この場合における一方の電極層6のオーバーラップ量を L_0 とする。

【0067】ハードディスク装置の高記録密度化に伴い、薄膜磁気ヘッドでは、書き込みトラック幅および読み出しトラック幅の縮小が要求される。そこで、実験により、磁気抵抗効果装置における電極層6のオーバーラップ量 L_0 が読み出しトラック幅に与える影響について調べた。この実験では、図7に示したように2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置、すなわちオーバーラップ量 L_0 がゼロの磁気抵抗効果装置と、図8に示したように2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップした構造の磁気抵抗効果装置であって、オーバーラップ量 L_0 が0.05 μ m、0.10 μ m、0.15 μ m、0.20 μ mの4種類の磁気抵抗効果装置について、それぞれ、200個ずつ製造し、それらの出力と実効的な磁気的読み出しトラック幅 (magnetic read width) とを *

*調べた。

【0068】以下の説明では、図7および図8に示したように、光学的な磁気的読み出しトラック幅となる2つの電極層6の間隔 (以下、電極間隔と言う。) を符号MRT1で表し、MR素子5の上面における幅 (以下、素子幅と言う。) を符号MRT2で表す。また、図7に示したオーバーラップ量 L_0 がゼロの磁気抵抗効果装置の出力を基準として各磁気抵抗効果装置の出力を百分率で表したものを、規格化出力と言い、符号Norm_TAAで表す。また、実効的な磁気的読み出しトラック幅 (以下、実効トラック幅と言う。) の平均値を符号MRW_meanで表し、実効トラック幅の標準偏差を符号MRW_stdで表し、実効トラック幅のばらつき (標準偏差の3倍) を符号MRW_3stdで表し、実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値を符号MRW_max(3std)で表す。

【0069】なお、実効トラック幅は、薄膜磁気ヘッドをトラック横断方向に移動させて再生ヘッドの出力をモニタリングしたときの出力の半値幅より測定した。

【0070】また、実験では、実効トラック幅の狙い値を0.36 μ mとし、全ての磁気抵抗効果装置について電極間隔MRT1を0.35 μ mとした。実験結果を、以下の表に示す。

【0071】

【表1】

L_0 [μ m]	MRT1 [μ m]	MRT2 [μ m]	Norm_TA A [%]	MRW_me an [μ m]	MRW_std [μ m]	MRW_3st d [μ m]	MRW_ma x (3std) [μ m]
0.00	0.35	0.35	100	0.367	0.02	0.06	0.397
0.05	0.35	0.45	148	0.377	0.02	0.06	0.407
0.10	0.35	0.55	167	0.390	0.02	0.06	0.420
0.15	0.35	0.65	183	0.405	0.03	0.08	0.443
0.20	0.35	0.75	197	0.429	0.05	0.15	0.504

【0072】この表から、オーバーラップ量 L_0 が大きくなるほど、磁気抵抗効果装置の出力が大きくなることが分かる。オーバーラップ量 L_0 がゼロのときを基準にすると、オーバーラップ量 L_0 が0.05 μ mのときに既に出力は約50%向上し、オーバーラップ量 L_0 が0.20 μ mのときには出力は約2倍に向上している。

【0073】ここで、図9および図10を参照して、電極層6がMR素子5にオーバーラップすることによって磁気抵抗効果装置の出力が大きくなる理由について説明する。図9は、2つの電極層6が共にMR素子5の上面

にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置におけるセンス電流の流れを示している。図10は、2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップした構造の磁気抵抗効果装置におけるセンス電流の流れを示している。

【0074】図9および図10に示したように、MR素子5の両側にはバイアス磁界印加層18が配置されているので、MR素子5においてバイアス磁界印加層18に隣接する端部近傍には、バイアス磁界印加層18からの磁界によって磁化の方向が固定されて信号磁界を感知す

ることができない領域（以下、不感領域と言う。）5Bが生じる。この不感領域5Bは磁気抵抗効果装置の出力に寄与しない。MR素子5のうち、不感領域5B以外の領域は、信号磁界を感知することができる活性化領域5Aとなる。

【0075】図9に示したように、2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置では、センス電流が2つの不感領域5Bを通過するため、出力が低下する。これに対し、図10に示したように、2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップした構造の磁気抵抗効果装置では、2つの電極層6がMR素子5の活性化領域5Aの上にまで存在しているので、図9に示した磁気抵抗効果装置に比べて、不感領域5Bを通過するセンス電流の割合が減る。図10に示した磁気抵抗効果装置では、特に、信号磁界に応じてMR素子5が低抵抗となった状態において、電流は電気抵抗が小さい所を通過しようとする。結果的にセンス電流は活性化領域5Aのみを通過しようとする。以上のことから、電極層6がMR素子5にオーバーラップすることによって磁気抵抗効果装置の出力は大きくなる。

【0076】前記の表から分かるように、オーバーラップ量 L_0 が大きくなるほど磁気抵抗効果装置の出力が大きくなる。しかしながら、薄膜磁気ヘッドの特性として要求される実効トラック幅に着目すると、前記の表から、オーバーラップ量 L_0 が大きくなるほど、実効トラック幅に悪影響を与えていることが分かる。この悪影響を分かりやすくするために、オーバーラップ量 L_0 と実効トラック幅の平均値 MRW_{mean} および実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値 $MRW_{max}(3std)$ との関係を、図11の特性図として示す。図11には、符号31で示す実線によって、実効トラック幅の狙い値（ $0.36\mu m$ ）のレベルも示している。また、ハードディスク装置の特性を確保するために実効トラック幅に要求される規格の一つとして、実効トラック幅が、その狙い値の $\pm 15\%$ 以内であることが要求される。そこで、実効トラック幅の狙い値（ $0.36\mu m$ ） $+15\%$ の値を規格最大値とする。図11には、符号32で示す破線によって、規格最大値のレベルも示している。

【0077】前記の表および図11から、電極間隔 $MRT1$ が $0.35\mu m$ で一定であるにも関わらず、オーバーラップ量 L_0 の増加と共に、実効トラック幅の平均値 MRW_{mean} と実効トラック幅のばらつき MRW_{3std} が大きくなっていることが分かる。この現象が生じる理由の一つとしては、次のようなことが考えられる。すなわち、オーバーラップ量 L_0 が増加すると、電極間隔 $MRT1$ は一定であるが素子幅 $MRT2$ は大きくなるため、縦バイアス磁界の効果が薄れ、その結果、実効トラック幅が不安定になると考えられる。

【0078】図11から分かるように、オーバーラップ量 L_0 が $0.15\mu m$ のときには、実効トラック幅の平均値 MRW_{mean} は規格最大値に極めて近く、実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値 $MRW_{max}(3std)$ は、規格最大値よりも約 $0.03\mu m$ 大きくなっている。この場合には、製造される全ヘッドのうち、実効トラック幅が規格最大値を越えるヘッドの割合がかなり多くなり、ヘッドの歩留まりが悪くなることが予想される。

10 【0079】オーバーラップ量 L_0 が $0.20\mu m$ になると、実効トラック幅の平均値 MRW_{mean} は規格最大値を越え、実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値 $MRW_{max}(3std)$ は、規格最大値よりも約 $0.09\mu m$ 大きく、実効トラック幅の狙い値よりも約 $0.14\mu m$ 大きくなっている。

【0080】以上のことから、電極間隔 $MRT1$ を $0.35\mu m$ とした場合には、ヘッドの歩留まりの観点から、オーバーラップ量 L_0 を $0.15\mu m$ 以上とすることは好ましくない。

20 【0081】電極間隔 $MRT1$ を $0.35\mu m$ よりも小さくすれば、オーバーラップ量 L_0 を $0.15\mu m$ 以上としても、規格を満たすようなヘッドを製造することが可能である。しかしながら、電極間隔 $MRT1$ を $0.35\mu m$ よりも小さくすることは、電極層6の製造に、技術的に大きな負担を与えることになる。

【0082】従って、電極層6の製造技術およびヘッドの歩留まりの観点から、オーバーラップ量 L_0 は $0.15\mu m$ 未満とするのが好ましい。

30 【0083】また、図11から分かるように、オーバーラップ量 L_0 が $0.10\mu m$ の場合には、実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値 $MRW_{max}(3std)$ は、規格最大値よりもわずかに大きい程度である。また、オーバーラップ量 L_0 が $0.05\mu m$ の場合には、実効トラック幅のばらつきより予想される実効トラック幅の最大値 $MRW_{max}(3std)$ は、規格最大値よりも小さくなる。従って、ヘッドの歩留まりを向上させる目的のためには、オーバーラップ量 L_0 は $0.10\mu m$ 以下とするのが好ましく、 $0.05\mu m$ 以下とするのが、より好ましい。

40 【0084】図12は、オーバーラップ量 L_0 と規格化出力 $Norm_TAA$ との対応関係を示す特性図である。この図から、オーバーラップ量 L_0 がわずかでもあれば、出力の向上が期待できることが分かる。

50 【0085】図13は、図12におけるオーバーラップ量 L_0 が $0\sim 0.06\mu m$ の範囲を拡大して示す特性図である。出力の測定誤差を $\pm 5\%$ 見込んでも、規格化出力 $Norm_TAA$ が 105% 以上であれば、確実に出力の向上は期待できる。規格化出力 $Norm_TAA$ が 105% となるオーバーラップ量 L_0 は約 $0.003\mu m$ である。従って、オーバーラップ量 L_0 は $0.003\mu m$ 以上とする

19

のが好ましい。

【0086】次に、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドにおいて、バイアス磁界印加層 18 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップせず、電極層 6 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしていることによる作用、効果について説明する。

【0087】図 14 および図 15 に、本実施の形態に対する 2 つの比較例の磁気抵抗効果装置を示す。図 14 に示した磁気抵抗効果装置では、バイアス磁界印加層 18 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしているが、電極層 6 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしていない。図 15 に示した磁気抵抗効果装置では、バイアス磁界印加層 18 と電極層 6 の双方が MR 素子 5 の上面にオーバーラップしている。図 14 および図 15 に示したように、バイアス磁界印加層 18 が MR 素子 5 の上面にオーバーラップしていると、MR 素子 5 のフリー層において、バイアス磁界印加層 18 が MR 素子 5 の上面にオーバーラップしている領域の下の部分に、磁化の方向がバイアス磁界印加層 18 によって設定しようとする磁化の方向とは逆方向となる磁区 5C が生じる。その結果、バルクハウゼンノイズの発生率が増加してしまう。なお、図 14 および図 15 において、矢印は磁化の方向を表している。

【0088】図 15 に示したように、バイアス磁界印加層 18 と電極層 6 の双方を MR 素子 5 の上面にオーバーラップさせれば、磁区 5C を通過するセンス電流の割合が減るので、図 14 に示した磁気抵抗効果装置に比べれば、バルクハウゼンノイズの発生率を抑えることができる。しかし、それでも、図 15 に示した磁気抵抗効果装置では、バイアス磁界印加層 18 が MR 素子 5 の上面にオーバーラップせずに、電極層 6 が MR 素子 5 の上面にオーバーラップしている構造の磁気抵抗効果装置に比べると、バルクハウゼンノイズの発生率は大きくなる。

【0089】上記のことを確認するための実験を行った。この実験では、タイプ A、B、C および D の 4 種類の磁気抵抗効果装置について、電極間隔 MRT1 とバルクハ

20

ウゼンノイズの発生率との関係を調べた。以下の説明では、一方のバイアス磁界印加層 18 が MR 素子 5 の上面にオーバーラップする領域の長さを、バイアス磁界印加層 18 のオーバーラップ量と言い、 L_1 で表す。なお、電極層 6 のオーバーラップ量は、前の説明と同様に L_0 で表す。

【0090】タイプ A の磁気抵抗効果装置は、図 7 に示したように、バイアス磁界印加層 18 と電極層 6 の双方が MR 素子 5 の上面にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置である。タイプ A では、 L_1 と L_0 が共に $0.00\mu\text{m}$ である。

【0091】タイプ B の磁気抵抗効果装置は、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置の一例である。タイプ B の磁気抵抗効果装置では、バイアス磁界印加層 18 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップせずに、電極層 6 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしている。タイプ B では、 L_1 を $0.00\mu\text{m}$ とし、 L_0 を $0.10\mu\text{m}$ としている。

【0092】タイプ C の磁気抵抗効果装置は、図 15 に示したように、バイアス磁界印加層 18 と電極層 6 の双方が MR 素子 5 の上面にオーバーラップした構造の磁気抵抗効果装置である。タイプ C では、 L_1 を $0.08\mu\text{m}$ とし、 L_0 を $0.10\mu\text{m}$ としている。

【0093】タイプ D の磁気抵抗効果装置は、図 14 に示したように、バイアス磁界印加層 18 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしているが、電極層 6 は MR 素子 5 の上面にオーバーラップしていない構造の磁気抵抗効果装置である。タイプ D では、 L_1 を $0.08\mu\text{m}$ とし、 L_0 を $0.00\mu\text{m}$ としている。

【0094】上記の 4 種類の磁気抵抗効果装置について、電極間隔 MRT1 とバルクハウゼンノイズの発生率との関係を調べた実験結果を、以下の表と図 16 に示す。なお、以下の表中の数字は、バルクハウゼンノイズの発生率 (%) を表している。

【0095】

【表 2】

MRT1 [μm]	A	B	C	D
0.2	28.9	8.5	19.8	34.5
0.3	24.0	9.5	16.4	25.4
0.4	18.7	9.5	17.4	24.6
0.5	16.0	11.7	14.3	20.1
0.6	16.0	13.4	14.9	19.1
0.7	14.0	13.2	13.2	16.0
0.8	14.4	12.0	14.2	13.4
0.9	12.4	12.4	12.4	16.0
1.0	13.2	12.2	12.2	15.5

【0096】上の表と図16から分かるように、電極間隔MRT1が0.6 μm よりも大きい範囲では、4種類の磁気抵抗効果装置間でバルクハウゼンノイズの発生率に大きな違いはない。しかし、電極間隔MRT1が0.6 μm 以下の範囲では、電極間隔MRT1が小さくなるほど顕著に、4種類の磁気抵抗効果装置間でバルクハウゼンノイズの発生率に違いが生じる。電極間隔MRT1が0.6 μm 以下の範囲では、タイプD、タイプA、タイプC、タイプBの順に、バルクハウゼンノイズの発生率が高くなっている。すなわち、この範囲では、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置であるタイプBの磁気抵抗効果装置におけるバルクハウゼンノイズの発生率は、タイプA、C、Dの磁気抵抗効果装置におけるバルクハウゼンノイズの発生率よりも低くなっている。また、この範囲では、タイプBの磁気抵抗効果装置におけるバルクハウゼンノイズの発生率は、電極間隔MRT1が小さくなるほど低下する。これに対し、タイプA、C、Dの磁気抵抗効果装置におけるバルクハウゼンノイズの発生率は、電極間隔MRT1が小さくなるほど増加する。

【0097】タイプC、Dの磁気抵抗効果装置において、電極間隔MRT1が小さくなるほどバルクハウゼンノイズの発生率が増加するのは、電極間隔MRT1が小さくなるほど、MR素子5の全幅に対する磁区5Cの幅の割合が大きくなり、磁区5Cの影響が増大するためと考えられる。タイプAの磁気抵抗効果装置において、電極間隔MRT1が小さくなるほどバルクハウゼンノイズの発生率が増加するのは、電極間隔MRT1が小さくなるほど、MR素子5の全幅に対する不感領域の幅の割合が大きくなり、不感領域の影響が増大するためと考えられる。

【0098】上記の実験結果から、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置によれば、タイプA、C、Dのような他の構造の磁気抵抗効果装置に比べて、バルクハウゼン

ノイズを低減できることが分かる。また、この実験結果から、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置では、電極間隔MRT1が0.6 μm 以下の場合に、バルクハウゼンノイズを低減する効果が顕著になることが分かる。

【0099】次に、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドの他の特徴であるピン層24の構造と、それによる作用、効果について説明する。

【0100】まず、本実施の形態との比較のために製造した比較例の磁気抵抗効果装置について説明する。比較例の磁気抵抗効果装置は、MR素子として、通常のピン層を含むスピンバルブ型GMR素子を有している。図17は、比較例におけるMR素子105の層の構成を示している。このMR素子105は、下部シールドギャップ膜側から順に積層された下地層121、フリー層122、スペーサ層123、ピン層124、反強磁性層125およびキャップ層126を有している。ピン層124は、本実施の形態におけるピン層24とは異なり、非磁性スペーサ層を有さず、強磁性層のみで構成されている。また、比較例の磁気抵抗効果装置では、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置と同様に、電極層がMR素子の上面にオーバーラップした構造となっており、オーバーラップ量も本実施の形態の場合と等しくなっている。

【0101】次に、上述の比較例の磁気抵抗効果装置と、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置について、バルクハウゼンノイズの発生率を調べた結果について説明する。バルクハウゼンノイズの発生率は、比較例の磁気抵抗効果装置では15%であったのに対し、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置では0%であった。このことから、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置によれば、バルクハウゼンノイズを十分に低減できることが分かる。

23

【0102】以下、図18ないし図20を参照して、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置によってバルクハウゼンノイズを十分に低減できることの理由について説明する。

【0103】図18は、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および比較例の磁気抵抗効果装置のフリー層22、122の平面図である。MR素子5、105の両側にはバイアス磁界印加層18が配置されているので、図18に示したように、フリー層22、122においてバイアス磁界印加層18に隣接する端部近傍には、バイアス磁界印加層18からの磁界によって磁化の方向が固定されて信号磁界を感知することができない不感領域Bが生じる。フリー層22、122のうち残りの領域は活性化領域Aとなる。しかしながら、電極層がMR素子の上面にオーバーラップした構造の場合には、電極層が活性化領域Aの上にまで存在しているので、活性化領域A内には、その両端近傍に、センス電流が流れにくい領域A₂が生じる。活性化領域A内において、2つの領域A₂の間は、センス電流がよく流れる領域A₁となる。

【0104】また、図18には、フリー層22、122が受ける磁界とその方向を矢印で表している。図18において、符号41で示す矢印は縦バイアス磁界とその方向を表し、符号42で示す矢印はピン層24、124からの磁界とその方向を表し、符号43で示す矢印はセンス電流によって発生する磁界とその方向を表している。

【0105】図19は比較例におけるフリー層122の磁化の状態を示す平面図、図20は本実施の形態におけるフリー層22の磁化の状態を示す平面図である。図19および図20において、フリー層122、22内の矢印が磁化の方向を表している。図19および図20に示したように、フリー層122、22内の活性化領域Aのうち、センス電流がよく流れる領域A₁の磁化の方向は縦バイアス磁界41の方向に一致している。しかし、センス電流が流れにくい領域A₂における磁化の方向は、縦バイアス磁界41の方向とピン層124、24からの磁界42の方向との中間の方向になっている。これは、センス電流が流れにくい領域A₂では、領域A₁に比べて、センス電流によって発生する磁界43が小さくなり、相対的に、ピン層124、24からの磁界42の影響を強く受けるためである。このようにして、フリー層122、22内の活性化領域Aでは、磁化の方向が不均一になる。

【0106】図19および図20に示したように、本実施の形態における領域A₂の磁化の方向は、比較例における領域A₂の磁化の方向に比べて、縦バイアス磁界41の方向に近づいている。その理由は、以下の通りである。すなわち、本実施の形態におけるピン層24では、2つの強磁性層24a、24cが反強磁性結合しているため、ピン層24によって発生される磁界は、2

24

つの強磁性層24a、24cを通過するように閉じている。従って、本実施の形態におけるピン層24によって発生される磁界は、比較例における通常のピン層124によって発生される磁界に比べて、フリー層22、124に与える影響が小さくなる。

【0107】以上のことから、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置では、比較例の磁気抵抗効果装置に比べて、フリー層122、22内の活性化領域Aにおける磁化の方向が均一化される。その結果、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置では、比較例の磁気抵抗効果装置に比べて、バルクハウゼンノイズがより低減される。

【0108】ところで、先の電極層6のオーバーラップ量の規定に関する説明では、2つの電極層6が共にMR素子5の上面にオーバーラップするように配置され、各電極層6のオーバーラップ量は共に0.15μm未満であり、且つ等しいものとした。しかしながら、このようにヘッドを設計しても、実際に電極層6を形成する工程では、2つの電極層6の位置がずれる場合がある。その結果、図21に示したように、2つの電極層6のオーバーラップ量が異なってしまったり、極端な場合には、図22に示したように、一方の電極層6のみがMR素子5の上面にオーバーラップする場合が生じ得る。

【0109】そこで、図21や図22に示したように2つの電極層6のオーバーラップ量が異なる磁気抵抗効果装置を作製して、ヘッドの特性への影響を調べる実験を行った。この実験では、2つの電極層6がMR素子5の一方の面にオーバーラップする領域の合計の長さが0.3μm未満の一定の値になるように、図8、図21および図22に示した各磁気抵抗効果装置を作製し、これらの特性を測定し、比較した。その結果、磁気抵抗効果装置の出力、実効トラック幅の平均値、実効トラック幅のばらつき（標準偏差の3倍）およびバルクハウゼンノイズの発生率に関して、図21および図22に示した磁気抵抗効果装置であっても、図8に示した磁気抵抗効果装置とはほぼ同等の特性が得られることが分かった。

【0110】従って、本実施の形態では、2つの電極層6のうちの少なくとも一方が、MR素子5の一方の面にオーバーラップし、2つの電極層6のオーバーラップ量の合計が0.3μm未満であればよい。また、ヘッドの歩留まりを向上させる目的のためには、オーバーラップ量の合計は0.20μm以下とするのが好ましく、0.10μm以下とするのが、より好ましい。また、オーバーラップ量の合計は0.006μm以上とするのが好ましい。

【0111】以上説明したように、本実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドならびにそれらの製造方法では、MR素子5の各側部に隣接するようにバイアス磁界印加層18を設けると共に、2つの電極層6のうちの少なくとも一方を、MR素子5の上面にオーバーラップするように配置している。これにより、本実

25

施の形態によれば、磁気抵抗効果装置（再生ヘッド）の出力の低下を防止しながらバルクハウゼンノイズを低減することが可能になり、磁気抵抗効果装置（再生ヘッド）の感度、出力および出力安定性を向上させることができる。

【0112】また、本実施の形態によれば、2つのバイアス磁界印加層18をMR素子5の上面にオーバーラップしないように配置したので、バルクハウゼンノイズをより低減することができ、これにより、磁気抵抗効果装置（再生ヘッド）の出力安定性をより向上させることができる。

【0113】また、本実施の形態では、2つの電極層6のオーバーラップ量の合計を0.3μm未満としたので、実効読み出しトラック幅を精度よく決定することが可能になる。

【0114】また、本実施の形態において、電極間隔MR1が0.6μm以下の場合には、バルクハウゼンノイズを低減して、磁気抵抗効果装置（再生ヘッド）の出力安定性を向上させるという効果が顕著になる。

【0115】また、本実施の形態では、MR素子5を、ピン層24が、非磁性スペーサ層24bと、この非磁性スペーサ層24bを挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層24a、24cとを含む構造のスピンバルブ型GMR素子としたので、バルクハウゼンノイズを十分に低減でき、出力安定性をより向上させることができる。

【0116】[第2の実施の形態]次に、図23を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドならびにそれらの製造方法について説明する。図23は、本実施の形態におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。本実施の形態におけるMR素子55では、フリー層22が、下地層21側から順に積層された第1の軟磁性層22a、中間層22bおよび第2の軟磁性層22cを含んでいる。中間層22bは、MR素子55の抵抗変化率を大きくするために設けられている。MR素子55のその他の構成は、第1の実施の形態におけるMR素子5と同様である。

【0117】中間層22bは、例えば、第1の軟磁性層22aおよび第2の軟磁性層22cよりも電気抵抗が大きく、且つ磁性を有していてもよい。この場合の中間層22bは、センス電流がMR素子55を流れる際に、少なくとも一部の電子を反射して電子の移動する経路を制限することによって、MR素子55の抵抗変化率を大きくする。この場合の中間層22bの厚さは0.5~1nmが好ましい。また、中間層22bは、例えば、酸化物、窒化物または酸化窒化物のうちの少なくとも1種を含んでいることが好ましい。それは、磁氣的に安定であり、出力変動を小さくすることができるからである。また、中間層22bは、第1の軟磁性層22aの構成元素のうちの少なくとも1種を含んでいることが好ましい。

26

それは、第1の軟磁性層22aの一部を酸化、窒化または酸化および窒化することにより、良好な中間層22bを容易に得ることができるからである。また、中間層22bは、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含むようにしてもよい。

【0118】また、中間層22bは、第1の軟磁性層22aと第2の軟磁性層22cを構成する元素が拡散された金属層であってもよい。この場合には、中間層22bとしては、例えば、膜厚が0.1~0.5nmのTa膜を用いることができる。なお、中間層22bは、Al、Si、Ti、V、Cr、Mn、Ga、Ge、Y、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、In、Sn、Hf、Ta、W、Re、Os、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含むようにしてもよい。MR素子55を構成する各層の形成後にアニーリングを行うことにより、中間層22bには、第1の軟磁性層22aと第2の軟磁性層22cを構成する元素が拡散され、第1の軟磁性層22aと第2の軟磁性層22cには、中間層22bを構成する金属元素が拡散する。この場合の中間層22bは、フリー層22のシート抵抗を大きくすることによって、MR素子55の抵抗変化率を大きくする。

【0119】なお、本実施の形態において、中間層22bは、第1の軟磁性層22aの中間や第2の軟磁性層22cの中間に設けてもよい。

【0120】本実施の形態によれば、MR素子55の抵抗変化率を大きくすることができる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0121】[第3の実施の形態]次に、図24を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および薄膜磁気ヘッドならびにそれらの製造方法について説明する。図24は、本実施の形態におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。本実施の形態におけるMR素子65では、ピン層24が反射層24dを含んでいる。図24に示した例では、反射層24dは、強磁性層24aと非磁性スペーサ層24bとの間に配置されている。

【0122】反射層24dは、強磁性層24a、24cよりも電気抵抗が大きく、且つ磁性を有している。反射層24dは、センス電流がMR素子65を流れる際に、少なくとも一部の電子を反射して電子の移動する経路を制限することによって、MR素子65の抵抗変化率を大きくする。

【0123】反射層24dの厚さは0.5~1nmが好ましい。また、反射層24dは、例えば、酸化物、窒化物または酸化窒化物のうちの少なくとも1種を含んでいることが好ましい。それは、磁氣的に安定であり、出力変動を小さくすることができるからである。また、反射層24dは、強磁性層24aの構成元素のうちの少なく

とも1種を含んでいることが好ましい。それは、強磁性層24aの一部を酸化、窒化または酸化および窒化することにより、良好な反射層24dを容易に得ることができるからである。また、反射層24dは、添加物として、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含んでいることが好ましい。それは、熱安定性を向上させることができるからである。具体的に、反射層24dは、Ni、CoおよびFeからなる群のうちの少なくとも1種と、OおよびNからなる群のうちの少なくとも1種と、Mn、Cr、Ni、Cu、Rh、IrおよびPtからなる群のうちの少なくとも1種を含んでいることが好ましい。

【0124】なお、反射層24dは、強磁性層24aの中間や強磁性層24cの中間に設けてもよい。

【0125】本実施の形態によれば、MR素子55の抵抗変化率を大きくすることができる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0126】なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、MR素子の層の構成は、実施の形態に示した例に対して、各層の順序が逆であってもよい。

【0127】また、実施の形態では、基体側に読み取り用の磁気抵抗効果装置を形成し、その上に、書き込み用の誘導型電磁変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0128】また、読み取り専用として用いる場合には、薄膜磁気ヘッドを、読み取り用の磁気抵抗効果装置だけを備えた構成としてもよい。

【0129】また、本発明の磁気抵抗効果装置は、薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドに限らず、回転位置センサ、磁気センサ、電流センサ等にも適用することができる。

【0130】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置、請求項5ないし8のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法、請求項9ないし12のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド、または請求項13ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁気抵抗効果素子の各側部に隣接するようにバイアス磁界印加層を設け、2つの電極層のうちの少なくとも一方を、磁気抵抗効果素子の一方の面に部分的に重なるように配置するようにしたので、磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドの感度、出力および出力安定性を向上させることができるという効果を奏する。更に、本発明によれば、磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性層と、非磁性層の一方の面に隣接するように配置された軟磁性層と、非磁性層の他方の面に隣接するように配置され、磁化の方向が固定されたピン層と、ピン層における非磁性層とは反対側の面に隣接するように配置され、ピ

ンド層における磁化の方向を固定する反強磁性層とを有し、ピン層は、非磁性スペーサ層と、この非磁性スペーサ層を挟むように配置され、磁化の方向が互いに逆方向に固定された2つの強磁性層とを含むようにしたので、出力安定性をより向上させることができるという効果を奏する。更に、本発明によれば、2つの電極層が磁気抵抗効果素子の一方の面に重なる領域の合計の長さを0.3μm未満としたので、実効読み出しトラック幅を精度よく決定することが可能になるという効果を奏する。

【0131】また、請求項3記載の磁気抵抗効果装置、請求項7記載の磁気抵抗効果装置の製造方法、請求項11記載の薄膜磁気ヘッド、もしくは請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、2つのバイアス磁界印加層を、磁気抵抗効果素子の一方の面に重ならないように配置したので、磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドの出力安定性をより向上させることができるという効果を奏する。

【0132】また、請求項4記載の磁気抵抗効果装置、請求項8記載の磁気抵抗効果装置の製造方法、請求項12記載の薄膜磁気ヘッド、もしくは請求項16記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、2つの電極層の間隔を0.6μm以下としたので、磁気抵抗効果装置または薄膜磁気ヘッドの出力安定性を向上させるという効果を顕著に発揮させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る磁気抵抗効果装置のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図7】2つの電極層が共にMR素子の上面にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

【図8】2つの電極層が共にMR素子の上面にオーバーラップした構造の磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

【図9】2つの電極層が共にMR素子の上面にオーバーラップしない構造の磁気抵抗効果装置におけるセンス電流の流れを示す説明図である。

【図10】2つの電極層が共にMR素子の上面にオーバ

29

ーラップした構造の磁気抵抗効果装置におけるセンス電流の流れを示す説明図である。

【図11】オーバーラップ量と実効トラック幅の平均値および実効トラック幅の最大値との関係を示す特性図である。

【図12】オーバーラップ量と規格化出力との対応関係を示す特性図である。

【図13】図12におけるオーバーラップ量が0～0.06 μm の範囲を拡大して示す特性図である。

【図14】バイアス磁界印加層はMR素子の上面にオーバーラップしているが、電極層はMR素子の上面にオーバーラップしていない磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

【図15】バイアス磁界印加層と電極層の双方がMR素子の上面にオーバーラップしている磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

【図16】4種類の磁気抵抗効果装置について電極間隔とバルクハウゼンノイズの発生率との関係を調べた実験結果を示す特性図である。

【図17】比較例におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。

【図18】本発明の第1の実施の形態に係る磁気抵抗効果装置および比較例の磁気抵抗効果装置のフリー層の平

30

*面図である。

【図19】比較例におけるフリー層の磁化の状態を示す平面図である。

【図20】本発明の第1の実施の形態におけるフリー層の磁化の状態を示す平面図である。

【図21】2つの電極層のオーバーラップ量が異なる磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

【図22】一方の電極層のみがMR素子の上面にオーバーラップする磁気抵抗効果装置を示す説明図である。

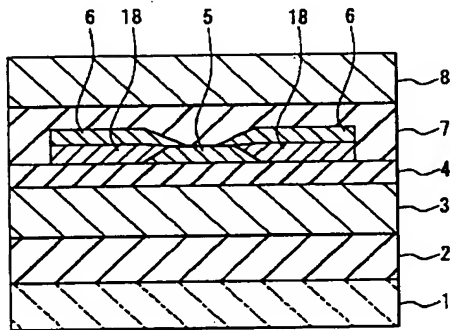
【図23】本発明の第2の実施の形態におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。

【図24】本発明の第3の実施の形態におけるMR素子の層の構成を示す斜視図である。

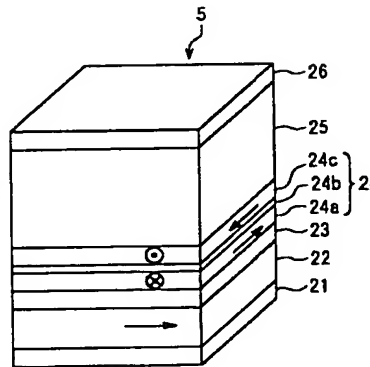
【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、4…下部シールドギャップ膜、5…MR素子、6…電極層、7…上部シールドギャップ膜、8…上部シールド層、9…記録ギャップ層、11…薄膜コイルの第1層部分、13…薄膜コイルの第2層部分、15…上部磁極層、16…保護層、18…バイアス磁界印加層、21…下地層、22…フリー層、23…スペーサ層、24…ピンド層、24a…強磁性層、24b…非磁性スペーサ層、24c…強磁性層、25…反強磁性層、26…キャップ層。

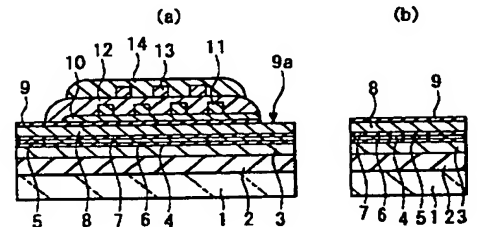
【図1】



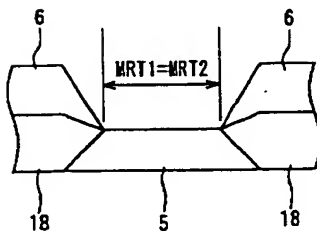
【図2】



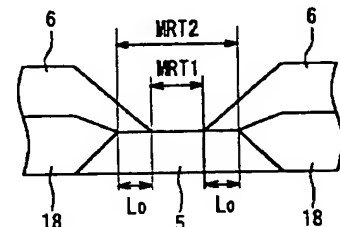
【図3】



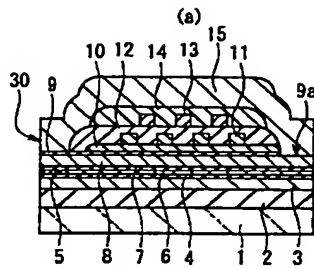
【図7】



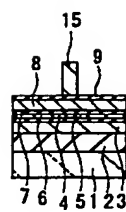
【図8】



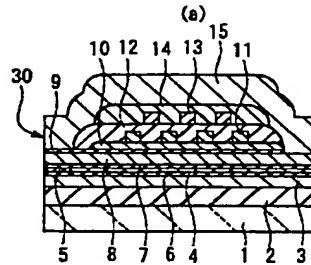
【図4】



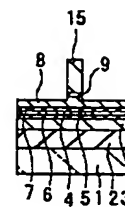
(b)



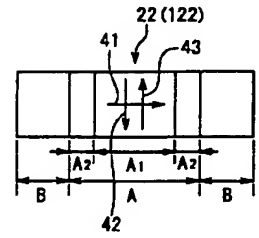
【図5】



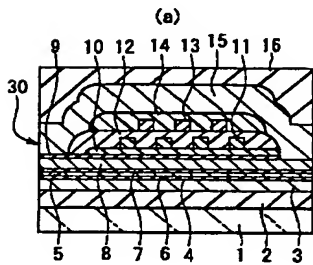
(b)



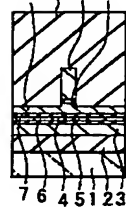
【図18】



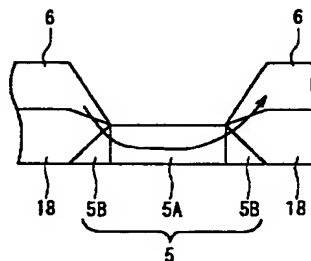
【図6】



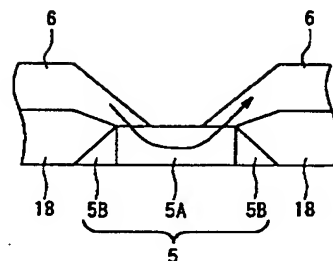
(b)



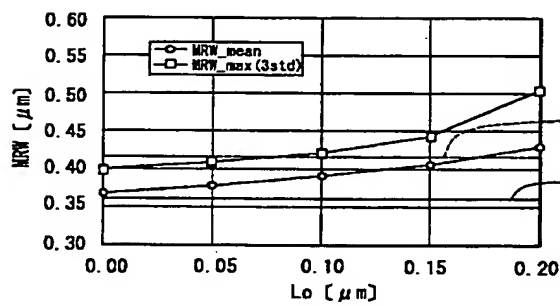
【図9】



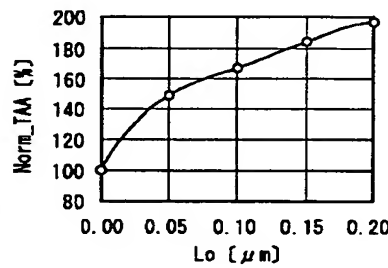
【図10】



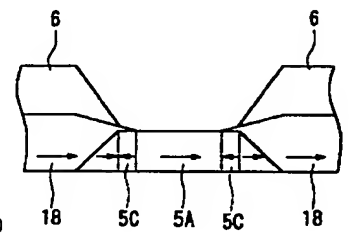
【図11】



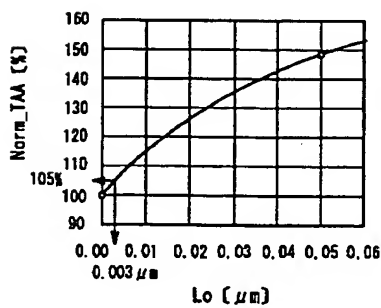
【図12】



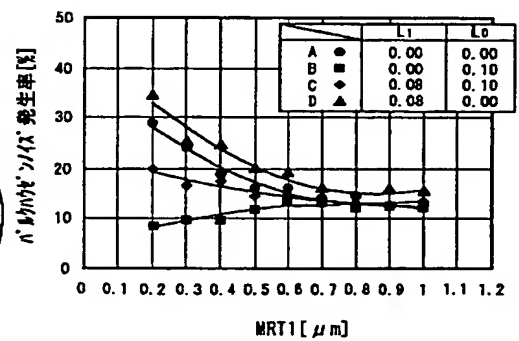
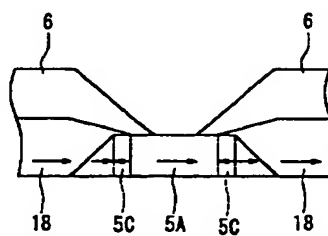
【図14】



【図13】

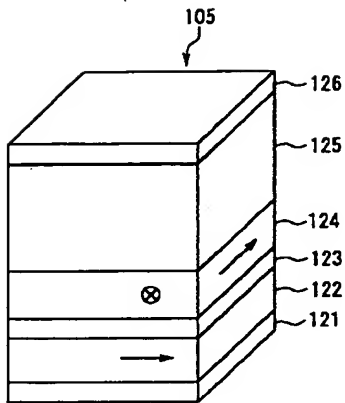


【図15】

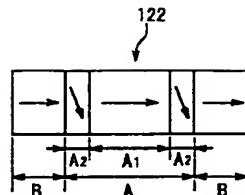


【図16】

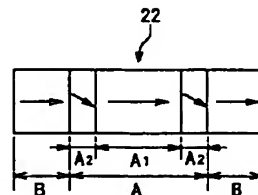
【図17】



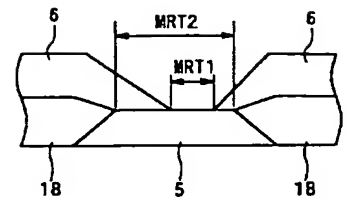
【図19】



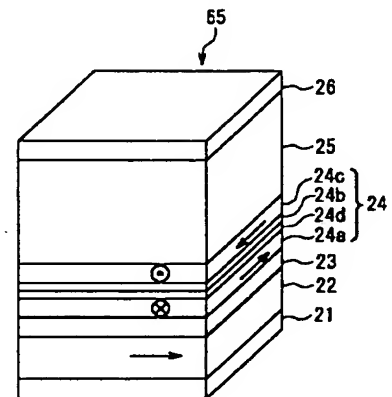
【図20】



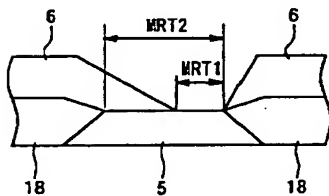
【図21】



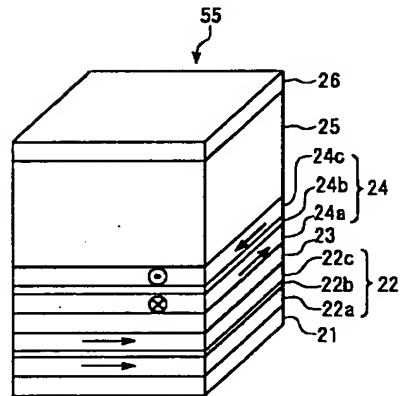
【図24】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 高野 研一
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内
(72)発明者 照沼 幸一
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72)発明者 岩井 譲
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内
Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AC09 AD55 AD65
5D034 BA03 BA04 BA08 CA08 DA07